



⑧ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑬ DE 101 37 389 A 1

⑮ Int. Cl. 7:
G 01 N 29/08
G 07 D 7/08

⑯ Aktenzeichen: 101 37 389
⑯ Anmeldetag: 31. 7. 2001
⑯ Offenlegungstag: 13. 2. 2003

DE 101 37 389 A 1

⑰ Anmelder:
Giesecke & Devrient GmbH, 81677 München, DE

⑰ Erfinder:
Wunderer, Bernd, Dr., 80805 München, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 198 52 719 A1
US 55 91 913
US 44 42 715

WPIDS Abstracts:
AN 1991-206094/28 zu SU 1587347 A;
AN 1982-E6575E/16 zu SU 845080 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Verfahren und Vorrichtung zum Prüfen von dünnem Material

⑯ Es wird ein Verfahren zum Prüfen von dünnem Material beschrieben, bei welchem das Material zunächst beziehungsweise mit Ultraschallwellen beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen durch das Material ermittelt und ausgewertet wird. Dabei wird die Transmission von Ultraschallwellen unterschiedlicher Frequenzen ermittelt. Anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen wird dann ein Kriterium zur Bewertung der Qualität, insbesondere der Porosität, des beschallten Materials ermittelt. Außerdem wird eine entsprechende Prüfeinrichtung beschrieben.

DE 101 37 389 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen von dünnem Material, beispielsweise Papier, Folien oder anderem Blattgut, bei welchem das Material zumindest bereichsweise mit Ultraschallwellen beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen durch das Material ermittelt und ausgewertet wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entsprechende Prüfeinrichtung.

[0002] Mit derartigen Verfahren und Prüfleinrichtungen lassen sich anhand der Ultraschalltransmission auf berührungslose Weise das Flächengewicht bzw. die Dicke des Materials bestimmen, wobei die Ultraschalltransmission im Allgemeinen umgekehrt proportional zum lokalen Flächengewicht ist. Ein Beispiel für ein solches Verfahren wird in DE 30 48 710 C2 beschrieben. Ein typisches Anwendungsbereich ist dabei die Prüfung von Banknoten in Geldautomaten oder Banknotensortieranlagen. Die Banknoten werden hierzu zwischen Ultraschallsendern und Ultraschallempfängern hindurchgeführt, so dass die Banknote zumindest entlang einer gegebenen Spur geprüft wird.

[0003] Neben der Bestimmung der Dicke bzw. des Flächengewichts des Materials können mittels der Ultraschalltransmissionsmessungen auch Risse oder Löcher im Material entdeckt werden. Dies wird beispielsweise in der US 4,519,249 beschrieben, wobei dort mit Hilfe eines Rollensystems die Banknoten während der Beschallung mit Ultraschall so gewölbt werden, dass die Risse bzw. Löcher hinreichend frei liegen. Die Ultraschallwellen kommen dann ungehindert durch den Riss oder das Loch hindurch. Bei perfekten Banknoten liegt der Transmissionsswert bei nur etwa 1%, an den Löchern oder Rissen in den Banknoten liegt die Transmission dagegen bei 100%. Diese Stellen ergeben daher im Meßverlauf eindeutige Peaks.

[0004] Im Rahmen von Untersuchungen, welche die Anmelderin im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung gemacht hat, hat es sich als Nachteil bei diesen bekannten Verfahren herausgestellt, dass sie z. B. nicht dazu in der Lage sind, poröse Bereiche im Material, welche aus mit dem bloßen Auge nicht mehr sichtbaren Poren bestehen, zu erkennen und daß dadurch auch die Bestimmung des Flächengewichts verfälscht werden kann. Dieses Problem tritt insbesondere bei Prüffingen wie Banknoten auf, die bereits längere Zeit im Verkehr waren. Hier können durch häufiges Knicken des Materials an bestimmten Stellen mit der Zeit poröse Bereiche entstanden sein. Diese porösen Stellen zeigen dann einen erhöhten Transmissionsswert im Verhältnis zu dem Transmissionsswert des unbeschädigten Materials. Das Problem der Erkennung dieser Stellen bei einer Prüfung besteht nach den Untersuchungen der Anmelderin darin, dass bei einem strukturierten Material wie beispielsweise einer Banknote eine Erhöhung des Transmissionsswerts nicht unbedingt auf eine Porosität zurückzuführen ist. So kann eine Banknote z. B. an bestimmten Stellen, beispielsweise im Bereich eines Wasserzeichens oder eines anderen Sicherheitsmerkmals absichtlich dünnere Stellen oder Stellen mit anderer Dichte aufweisen oder als weiteres Sicherheitsmerkmal Mikroperforationen aufweisen. Eine Erhöhung des Transmissionsswerts kann daher auch auf die bei einer perfekten Banknote gewünschten Strukturen bzw. Merkmale zurückzuführen sein. Wird beispielsweise bei einer perfekten Banknote von einem Transmissionsswert von etwa 1% ausgegangen, so würde eine poröse Stelle einen Transmissionsswert von beispielsweise 3 bis 4% aufweisen. Ebenso könnte aber auch eine perfekte Banknote an einer bestimmten Stelle eine Transmission mit einem Transmissionsswert von 3 bis 4% aufweisen, welcher dann nicht von dem Transmissionsswert einer porösen Stelle zu unterscheiden ist.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu schaffen, welche es ermöglicht, bei der Prüfung schadhafe, insbesondere poröse Stellen auf einfache Weise möglichst eindeutig feststellen und beispielsweise von beabsichtigten dünneren Stellen im Material unterscheiden zu können.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und durch eine Prüfleinrichtung gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens oder der erfindungsgemäßen Prüfleinrichtung.

[0007] Die erfindungsgemäße Lösung basiert ebenfalls auf der Transmissionsmessung von Ultraschallwellen. Wesentlich ist hierbei, dass die Transmission von Ultraschallwellen unter verschiedenen Ultraschallfrequenzen ermittelt wird. Es wird zumindest mit zwei verschiedenen Frequenzen gemessen. Anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen wird dann ein bestimmtes Kriterium, wie beispielsweise die Differenz der Transmissionswerte oder ein Quotient der Transmissionswerte, zur Bewertung der Qualität des zu prüfenden Materials ermittelt.

[0008] Diese Idee basiert auf der Erkenntnis, daß für normales, unbeschädigtes Papier die Transmission nicht nur zum Flächengewicht, sondern auch zur Frequenz umgekehrt proportional ist. In einem schadhaften, porösen Bereich ist aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Beugung an den Poren die Abweichung von diesem Gesetz um so größer, je höher die Ultraschallfrequenz ist. Dies führt dazu, dass beispielsweise für kurzwellige Ultraschallwellen die positive Abweichung der gemessenen Transmission im Bereich einer porösen Stelle vom Transmissionsswert eines unbeschädigten Materials höher ist als bei langwelligen Ultraschallwellen. Anhand der Unterschiede der in Transmission gemessenen Intensität bei den verschiedenen Frequenzen lassen sich folglich auf einfache Weise Informationen über das Vorhandensein von Stellen erhöhter Porosität gewinnen.

[0009] Eine entsprechende Prüfleinrichtung, welche das zu prüfende Material zumindest bereichsweise von einer Seite beschallt und einer Ultraschallempfangseinrichtung, welche auf der anderen Seite des Materials die Intensität der durch das Material transmittierten Ultraschallwellen mißt, eine geeignete Auswertungseinrichtung zur Auswertung der ermittelten Transmission der Ultraschallwellen. Hierbei sind die Ultraschallsendeeinrichtung und/oder die Ultraschallempfangseinrichtung derart gestaltet, dass die Transmission von Ultraschallwellen bei unterschiedlichen Frequenzen ermittelt werden kann. Die Auswertungseinrichtung muss dementsprechend in der Lage sein, anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials zu ermitteln.

[0010] Bei einer Ausführungsform wird das Material mit Ultraschallwellen mit genau eingestellten diskreten, d. h. einzelnen, unterschiedlichen Frequenzen, beispielsweise genau zwei verschiedenen Frequenzen, beschallt. Der Begriff "diskrete Frequenzen" ist hierbei so zu verstehen, dass davon schmalbandige Frequenzbereiche um die jeweilige gewünschte Frequenz eingeschlossen sind.

[0011] Eine Beschallung mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen ist zum Beispiel dadurch zu realisieren, dass die Ultraschallsendeeinrichtung verschiedene Sender umfasst, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz bzw. eines bestimmten schmalbandigen Frequenzbereichs aussenden. Es kann aber auch eine Ultraschallsendeeinrichtung verwendet werden, die Ultraschallwellen eines

genau definierten Spektrums, beispielsweise gleichzeitig auf zwei diskreten unterschiedlichen Frequenzen sendet.

[0012] Wenn die Sendeeinrichtung auf genau definierten, diskreten Frequenzen sendet, kann die Ultraschallempfangseinrichtung so aufgebaut sein, dass sie entweder auch nur Frequenzen in diesen Bereichen erfährt, d. h. sie kann beispielsweise ebenfalls aus einzelnen Empfängern bestehen, welche jeweils selektiv nur eine Frequenz messen. Es kann sich aber auch um eine Empfangseinrichtung handeln, welche in einem breiten Band Ultraschallwellen verschiedener Frequenzen erfährt und somit ein breites Transmissionspektrum aufzeichnet. In diesem Fall muss jedoch sichergestellt sein, dass die Ultraschallwellen der verschiedenen Frequenzen voneinander separiert werden können. Dies kann bei Aufzeichnung eines Frequenzspektrums durch die Empfangseinrichtung, beispielsweise auch softwaremäßig, geschehen, indem bei der Auswertung nur die Messwerte bei den bestimmten Frequenzen berücksichtigt werden.

[0013] Eine weitere Möglichkeit, die Separation der verschiedenen Frequenzen zu gewährleisten, besteht darin, dass nicht gleichzeitig auf den verschiedenen Frequenzen gesendet wird, sondern zeitlich nacheinander, wobei bei der Messung bzw. Auswertung berücksichtigt wird, zu welchem Zeitpunkt auf welcher Frequenz Ultraschall ausgesendet wurde.

[0014] Bei einer alternativen Ausführungsform beschallt die Ultraschallsendeeinrichtung das Material mit Ultraschallwellen mit einem kontinuierlichen breiten Frequenzspektrum. Es erfolgt dann beispielsweise eine selektive Messung auf der Empfängerseite, d. h. es werden vom Empfänger entweder nur bestimmte Frequenzen registriert bzw. in einem nachfolgenden Schritt nur die Meßwerte bei bestimmten Frequenzen berücksichtigt.

[0115] Eine Möglichkeit, Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum auszusenden, besteht darin, die Ultraschallsendeeinrichtung das Material mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallen zu lassen. Bekanntermaßen ist das Frequenzspektrum eines Pulses um so breiter, je kürzer der Puls ist. Vorausgesetzt, die Pulslänge sei weniger als einige Mikrosekunden.

[0116] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform wird als Kriterium für die Porosität ein Quotient der ermittelten Transmissionswerte von Ultraschallwellen zweier verschiedener Frequenzen gebildet. Da die Transmission bei einem perfekten Material zur Frequenz und zum Flächengewicht des Materials umgekehrt proportional ist, ist bei einem perfekten Prüfing der Quotient der in Transmission gemessenen Frequenzen der Ultraschallwellen der zwei verschiedenen Frequenzen immer konstant. Lediglich bei porösen Stoffen weicht er von diesem konstanten Wert ab, wodurch sich diese Stoffe auf einfache Weise entdecken lassen.

[0017] In den Fällen, in denen – beispielsweise durch Aussendung von kurzen Ultraschallwellenimpulsen – Ultraschallwellen mit einem breitbandigen Frequenzspektrum verwendet werden und das gesamte Transmissionsspektrum gemessen und aufgezeichnet wird, ist es zum Erhalt eines Kriteriums zur Qualitätsbewertung auch möglich, eine Veränderung des Transmissionspektrums in Abhängigkeit von vorausgesetzter Ort zu registrieren. Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, besteht darin, permanent das gemessene Transmissionspektrum der Ultraschallwellen aufzuzeichnen und mit vorherigen Messungen zu vergleichen.

[0018] Da weiterhin die Pulsform ebenfalls durch das Spektrum der in dem Puls enthaltenen Frequenzanteile bestimmt wird, ist es bevorzugt auch möglich, die porösen Stellen direkt durch deren Analyse zu finden.

0019] Bei einer erfindungsgemäßen Prüfung kann beispielsweise die Anzahl der porösen Stellen bei einem be-

stimmten Materialstück (Prüfling) ermittelt werden. Ebenso kann auch eine Ausdehnung der porösen Stellen innerhalb eines Prüflings detektiert werden.

[0020] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Grenzkriterium festgelegt, beispielsweise eine maximale Anzahl von porösen Stellen und/oder eine maximale Ausdehnung der porösen Stellen. Wird bei einem Prüfung dieses Grenzkriterium überschritten, so wird der Prüfling als schadhaft aussortiert, beispielsweise wird im Falle von Banknoten die betreffende Banknote geschrägert.

[0021] Die verwendeten Ultraschallwellen liegen vorzugsweise in einem Frequenzbereich von 50 bis 400 kHz. Um einen deutlichen Effekt bei der Prüfung zu erzielen und poröse Stoffe ausreichend deutlich erkennen zu können, sollten die betrachteten Frequenzen bzw. Frequenzbereich ausreichend weit auseinanderliegen. Vorzugsweise beträgt bei der Verwendung von Ultraschallwellen zweier verschiedener Frequenzen die größere der beiden Frequenzen etwa 1,5- bis 3fache der kleineren Frequenz.

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es stellen dar:

[0023] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfundungsgemäßen Prüfeinrichtung.

[0024] Fig. 2 eine schematische Seitenansicht einer An-

ordnung von Ultraschallsendern und Ultraschallempfängern in Durchzugsrichtung eines Prüflings betrachtet, [10025]. Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der räumli-

[0025] Fig. 3 eine schematische Darstellung der räumlichen Anordnung der Sender gemäß Fig. 2 in Draufsicht,
 [0026] Fig. 4 ein Diagramm der Intensität für zwei ver-

schiedene Frequenzen sowie die Funktion des Quotienten aus den beiden Intensitätsmessungen über dem Meßort.

[0027] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine erfundungsgemäße Prüfeinrichtung 2, um Banknoten 1 zu prüfen. Eine solche Prüfeinrichtung 2 befindet sich beispielsweise innerhalb einer Banknotensortieranlage (nicht dargestellt).

innerhalb einer Banknotensorieranlage (nicht dargestellt). [0028] Diese Prüfeinrichtung 2 weist zum einen eine Ultraschallsendeeinrichtung 3 und zum anderen eine Ultraschallempfangseinrichtung 6 auf. Die Ultraschallsendeeinrich-

Sendeanlage 3 besteht hier aus mehreren Sendern 4 und einer Sendeamesteuerung 5, die die einzelnen Sender 4 ansteuert. Ebenso besteht die Ultraschallempfangseinrichtung 6 aus einem oder mehreren Empfängern 7, welche jeweils mit einer Empfängersteuerung 8, welche die an den Empfängern 7 anliegenden Mefwerte ausliest, verbunden sind.

[0029] Die Sendeaneinstellung 5 wird von einer Steuerung 9 der Prüfeinrichtung 2 gesteuert. Teil dieser Steuerung 9 ist eine Auswertungseinrichtung 10, welche die Daten von der

eine Auswertungseinrichtung 10, welche die Daten von der Empfängersteuerung 8 übernimmt und auswertet. Bei der Steuerung 9 kann es sich beispielsweise um einen Computer oder einen Mikrocontroller handeln, wobei die Auswertungseinrichtung 10 in Form von geeigneter Software realisiert ist. Ebenso können, anders als in dem dargestellten Ausführungsbeispiel, auch die Sendeansteuerung 5 und die Empfängersteuerung 8 in diese Steuerheit 9 – auch softwaremäßig – integriert sein.

[0030] Weiterhin ist an die Steuerung 9 eine Ausgabeeinrichtung 11, beispielsweise eine Anzeige, angeschlossen,

welche beispielsweise einen Bediener der Prüfeinrichtung 2 darüber informiert, wenn eine schadhafte Banknote 1 durch die Prüfeinrichtung 2 läuft. Bei dieser Ausgabeeinrichtung 11 kann z. B. eine schadhafte Banknote 1 an die Prüfeinrichtung 2 übertragen werden.

II kann es sich auch um ein Interface handeln, welches die Erfindungsgemäße Prüfeinrichtung 2 mit einer übergeordneten Steuerung der Banknotensortieranlage verbindet und damit z. B. automatisch eine Aussortierung einer schadhaften Banknote 1 vorsezählt.

[0031] Die Sender 4 der Sendeeinrichtung 3 und die Emp-

änger 7 der Ultraschallempfangeinrichtung 6 sind entsprechend gegenüberliegend zueinander angeordnet. Die zu prüfenden Banknoten 1 werden in einer Durchzugsrichtung R zwischen den Sendern 4 und den Empfängern 7 hindurchgezogen und dabei von den Sendern 4 auf einer Seite mit Ultraschallwellen U beschallt. Die Empfänger 7 messen dann auf der anderen Seite die Intensität des transmittierten Anteils der Ultraschallwellen U.

[0032] Die Fig. 2 und 3 zeigen die genaue Anordnung der einzelnen Sender 4 und der entsprechend auf der anderen Seite der zu prüfenden Banknote 1 angeordneten Empfänger 7. Wie aus diesen Figuren zu erssehen ist, sind mehrere Sender 4 in einer ersten Reihe quer zur Durchzugsrichtung R über die gesamte Breite der Banknote 1 verteilt angeordnet. Jeder dieser Sender 4 beschallt eine genau definierte Spur entlang der Durchzugsrichtung R auf einer durchlaufenden Banknote 1. Parallel versetzt befinden sich vor oder hinter dieser ersten Reihe von Sendern 4 weitere Sender 4, welche genau die Lücken zwischen den Sendern 4 der ersten Reihe abdecken. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Banknote 1 auf ihrer gesamten Fläche geprüft wird.

[0033] Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind die Empfänger 7 in genau gleicher Weise den Sendern 4 jeweils gegenüberliegend angeordnet.

[0034] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel senden die Sender jeweils auf genau zwei definierten Frequenzen f_1 und f_2 , wobei die höhere Frequenz f_1 etwa den 1,5- bis 3fachen Wert der niedrigeren Frequenz f_2 aufweist. Die Empfangeinrichtung 6 ist in der Lage, für diese beiden Frequenzen f_1 und f_2 bzw. in den jeweiligen Frequenzbereichen die Ultraschallwellen getrennt zu messen.

[0035] Eine typische Meßkurve ist in Fig. 4 dargestellt. In diesem Diagramm ist jeweils der auf die Frequenz f_1 normierte Transmissionswert $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ d. h. die in Transmission gemessene Intensität bezogen auf die ausgesendete Gesamtintensität, jeweils für die gewünschten Frequenzen f_1 und f_2 über dem beschallten Ort x, d. h. entlang einer Spur auf der Banknote 1 aufgezeichnet. Die dritte, gepunktete Kurve zeigt den Quotienten aus diesen beiden Meßkurven $T(f_1) \times f_2/f_1 \times f_2$. Die normierten Transmissionswerte $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ sind bei diesem Ausführungsbeispiel über eine ganze Strecke konstant (er liegt beispielsweise bei 1%), steigt dann plötzlich an einer bestimmten Stelle x_p an und sackt wieder auf den Normalwert ab. Bei dieser Stelle x_p handelt es sich um eine Stelle erhöhter Transmission.

[0036] Würde es sich dabei einfach um eine Stelle mit geringerem Flächengewicht, beispielsweise um eine dinnere Stelle der Banknote 1 handeln, wäre diese Reaktion frequenzunabhängig und die relative Erhöhung der Transmissionswerte $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ wäre bei beiden Frequenzen f_1 , f_2 gleich. Die aus dem Quotienten der Transmissionswerte erzeugte, gepunktete Kurve würde dann konstant bleiben, wobei die einzelnen Meßkurven jeweils einen Peak gleicher Höhe zeigen.

[0037] Im dargestellten Beispiel handelt es sich jedoch um eine poröse, d. h. schadhafe Stelle der Banknote 1. An dieser Stelle x_p ist aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Beugung an den Poren der gemessene Transmissionswert $T(f_1)$ für die größere Frequenz f_1 im Maximum relativ höher als für die Ultraschallwellen der geringeren Frequenz f_2 . Im dargestellten Ausführungsbeispiel erhöht sich an der porösen Stelle x_p der gemessene Transmissionswert $T(f_1)$ für die größere Frequenz f_1 um den Faktor 3 und für die Ultraschallwellen der kleineren Frequenz f_2 nur um den Faktor 2. Folglich weist auch aus dem Quotienten der Transmissionswerte $T(f_1)$, $T(f_2) \times f_2/f_1$ gebildete Kurve einen eindeutigen Peak an dieser Stelle x_p auf. Damit lässt sich die poröse

Stelle auf einfache Weise eindeutig identifizieren. Die unterschiedliche Breite der Peaks ist im Übrigen ebenfalls auf die Frequenzabhängigkeit der Beugung zurückzuführen.

[0038] Wärn an der Stelle x_p keine poröse Stelle, sondern eine intakte Stelle mit halbem Flächengewicht in Bezug auf den umgebenden Bereich vorhanden, so würden die Transmissionskurven in der Fig. 4 für die beiden Frequenzen f_1 und f_2 zwar ebenfalls ein Maximum aufweisen. Allerdings würde die zugehörige Quotientenkurve in diesem Fall weitgehend einen geraden Verlauf zeigen, d. h. auch an der Stelle x_p einen Wert haben, der im wesentlichen dem Quotientenwert an den benachbarten Stellen mit höherem Flächengewicht entspricht.

[0039] In dem vorgenannten Ausführungsbeispiel wurde das erfundengemäßige Verfahren im Zusammenhang mit der Prüfung von Banknoten 1 als Beispiel eines Werkdokuments beschrieben, die durch die Erfindung gelösten Probleme des bekannten Verfahrens sich insbesondere bei solchen meist nicht vollkommen homogen geformten Materialien ergeben.

[0040] Die Erfindung kann jedoch mit gleichem Erfolg auch bei anderen Prüfobjekten, beispielsweise Papier- oder Folienbahnen oder ähnlich dünnem Material, eingesetzt werden.

Patentsprüche

1. Verfahren zum Prüfen von dünnem Material (1), bei welchem das Material (1) zumindest bereichsweise mit Ultraschallwellen (U) beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen (U) durch das Material (1) ermittelt und ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmission von Ultraschallwellen (U) unterschiedlicher Frequenzen (f_1 , f_2) ermittelt wird und anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen (f_1 , f_2) ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials (1) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kriterium zur Bewertung der Porosität des Materials (1) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl von porösen Stellen und/oder eine Ausdehnung von porösen Stellen eines zu prüfenden Materialstücks ermittelt wird und oberhalb einer als Grenzkriterium festgelegten maximalen Anzahl und/oder maximalen Ausdehnung der porösen Stellen das Materialstück als schadhaft aussortiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (1) mit Ultraschallwellen (U) mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen (f_1 , f_2) beschallt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Material von verschiedenen Sendern, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz aussenden, beschallt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum beschallt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmission der breitbandigen Ultraschallwellen für mehrere diskrete Frequenzen ermittelt und zur Auswertung herangezogen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erhalt eines Kriteriums zur Qualitätsbewertung eine Veränderung eines gemessenen breiteren Transmissionsspektrums der

breitbandigen Ultraschallwellen ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Kriterium zur Qualitätsbewertung aus einem Vergleich der Pulsförm der Ultraschallwellenimpulse vor und nach Transmission durch das Material (1) ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Kriterium zur Qualitätsbewertung ein Quotient von ermittelten Transmissionswerten ($T(f_1), T(f_2) \times f_2/f_1$) von Ultraschallwellen (U) zweier verschiedener Frequenzen (f_1, f_2) gebildet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Frequenzen (f_1) in etwa das 1, 5 bis 3-fache der anderen Frequenz (f_2) beträgt.

13. Prüfeinrichtung (2) zum Prüfen von dünnen Material (1),

mit einer Ultraschallsendeinrichtung (3), welche ein zu prüfendes Material (1) zumindest bereichsweise von einer Seite mit Ultraschallwellen (U) beschallt, mit einer Ultraschallempfangseinrichtung (6), welche 25 auf der anderen Seite des Materials (1) die Intensität der durch das Material (1) transmittierten Ultraschallwellen (U) mißt,

und mit einer Auswertungseinrichtung (10) zur Auswertung der ermittelten Transmission der Ultraschallwellen (U),

dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung (3) und/oder die Ultraschallempfangseinrichtung (6) bei der Prüfung des Materials (1) die Transmission von Ultraschallwellen (U) bei unterschiedlichen Frequenzen (f_1, f_2) ermittelt,

und die Auswertungseinrichtung (10) anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen (f_1, f_2) ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschauten Materials (1) ermittelt.

14. Prüfeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung (3) das Material (1) mit Ultraschallwellen (U) mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen (f_1, f_2) beschallt.

15. Prüfeinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung verschiedene Ultraschallsender umfaßt, welche jeweils 45 Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz aussenden.

16. Prüfeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung das Material zur Prüfung mit Ultraschallwellen mit einem 50 breiten Frequenzspektrum beschallt.

17. Prüfeinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallempfangseinrichtung 55 derart aufgebaut ist, dass die Transmission der breitbandigen Ultraschallwellen für mehrere unterschiedliche diskrete Frequenzen ermittelt wird.

18. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung die Werte eines gemessenen Transmissionsspektrums der breitbandigen Ultraschallwellen bei mehreren diskreten Frequenzen zur Auswertung heranzieht.

19. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 65 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung Mittel zur Ermittlung einer Veränderung des Transmissionsspektrums der breitbandigen Ultra-

schallwellen umfaßt.

20. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeinrichtung das Material zur Prüfung mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallt.

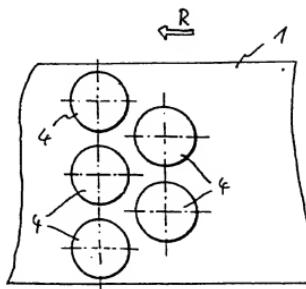
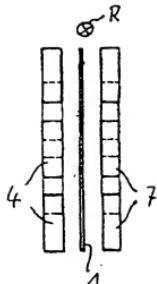
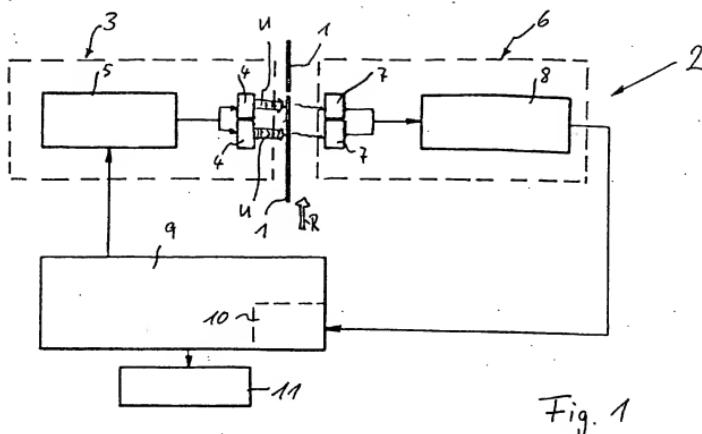
21. Prüfeinrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertungseinrichtung Mittel zur Ermittlung einer Veränderung der Pulsförm der Ultraschallwellenimpulsen vor und nach Transmission durch das Material (1) umfaßt.

22. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallempfangseinrichtung verschiedene Ultraschallempfänger umfaßt, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz empfangen.

23. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung (10) Mittel zur Bildung eines Quotienten von ermittelten Transmissionswerten ($T(f_1), T(f_2)$) von Ultraschallwellen (U) zweier verschiedener Frequenzen (f_1, f_2) umfaßt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



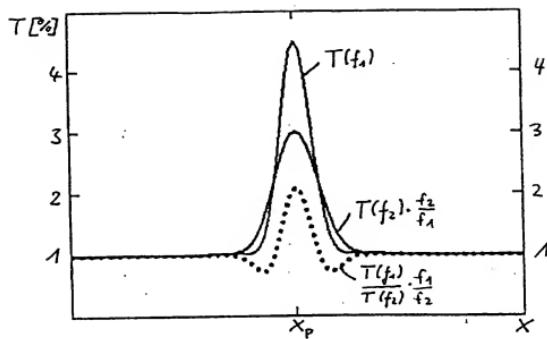


Fig. 4